

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА

Пахомов Александр Николаевич
доцент, кандидат технических наук,
Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск

На промышленных предприятиях широко распространены подъемно-транспортные механизмы, в число которых входят мостовые краны. Перемещение тележки грузоподъемного крана сопровождается раскачиванием подвешенного груза. Образование колебаний приводит к нарушению безопасной работы в результате возможных ударов груза с конструкцией крана или другими производственными объектами. Многие технологические процессы требуют ограничения на амплитуду возникающих колебаний, что требует снижения скорости транспортировки грузов. Из-за этого длительность позиционирования значительно увеличивается ввиду необходимости успокоения груза. Все это приводит к снижению производительности грузоподъемного крана и повышению энергопотребления [1, 2].

В данной статье рассматривается способ ограничения длительности колебательных процессов при перемещении подвешенного груза путем использования классического ПИД-регулятора, пропорциональная составляющая которого изменяется с помощью алгоритмов нечеткой логики.

В качестве объекта исследования рассматривается электропривод механизма перемещения тележки мостового крана с подвешенным грузом. Структурная схема объекта исследования представлена на рисунке 1. Математическая модель объекта управления составлена в соответствии с методикой, приведенной в [3]. Механизм состоит из тележки, с приведенной массой $m_t = 133,5$ т, на которой установлен двигатель постоянного тока Д-814 мощностью 55 кВт. Груз массой $m_{гп} = 150$ т подвешен на канате длиной $h = 30$ м.

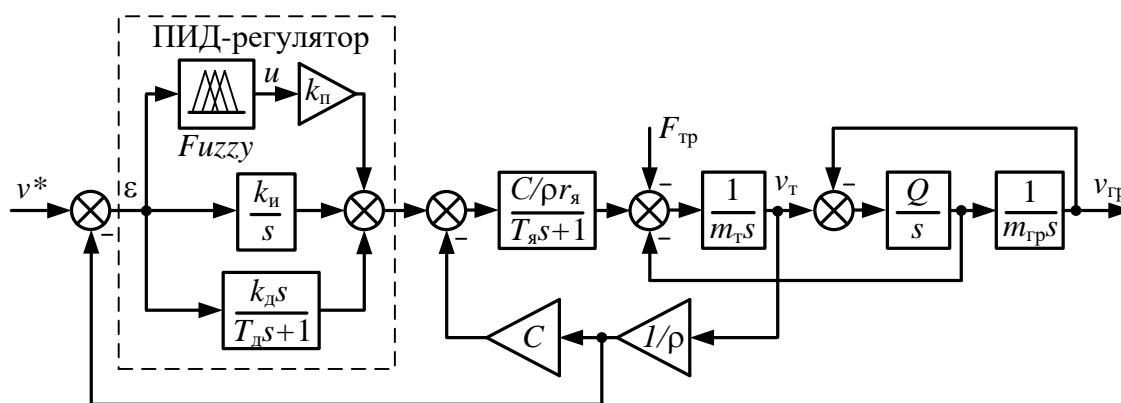


Рис. 1. Структурная схема электропривода механизма перемещения тележки мостового крана с классическим ПИД-регулятором

На рисунке 1 введены следующие обозначения: $k_п$, $k_и$, $k_д$ и $T_д$ – коэффициенты и постоянная времени пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора; $r_я$, $T_я$, C – активное сопротивление, электромагнитная постоянная времени якорной цепи и конструктивная постоянная двигателя; ρ – радиус приведения между скоростью двигателя и скоростью тележки v_t ; $F_{тр}$ – сила сопротивления (трения) движению тележки; $Q = m_{гп} * g / h$ – коэффициент механической связи между тележкой и грузом, где g – ускорение свободного падения.

Синтез классического ПИД-регулятора электропривода перемещения тележки выполнен стандартным методом из теории автоматического управления с настройкой на модульный оптимум в предположении жесткой связи между тележкой и грузом.

Переходный процесс изменения скорости перемещения груза $v_{гп}$ с классическим ПИД-регулятором (ни рисунке 1 отсутствует блок *Fuzzy*) показан на рисунке 2 при скачкообразном изменении задающего сигнала v^* на входе замкнутой системы электропривода. Из графика переходного процесса видно, что скорость перемещения груза имеет явно выраженный колебательный характер. Усилие деформации каната и сопротивления воздуха при раскачивании груза незначительны, так что амплитуда колебаний затухает медленно.

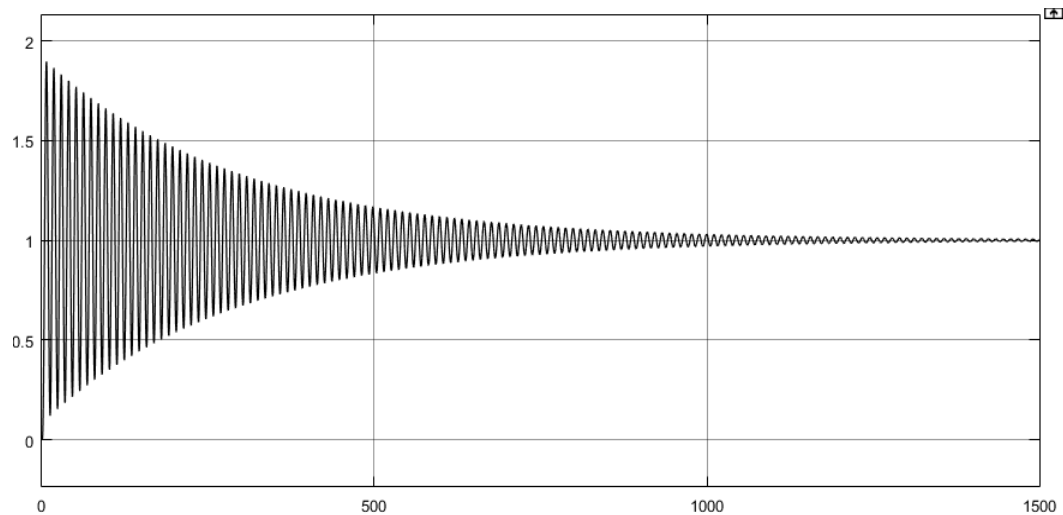


Рис. 2. Переходный процесс скорости груза с использованием классического ПИД-регулятора

Уменьшение длительности колебаний в переходном процессе скорости перемещаемого груза возможно в результате правильного выбора пропорционального коэффициента k_p классического ПИД-регулятора [4]. Путем многочисленных экспериментов получилось обеспечить максимальное демпфирование колебаний груза (рисунок 3) благодаря увеличению коэффициента k_p почти в три раза. Однако такое увеличение k_p приводит к снижению грубости замкнутой системы электропривода [5].

Существенная модернизация закона управления электроприводом перемещения тележки осуществляется путем внедрения «нечеткой» пропорциональной составляющей ПИД-регулятора с использованием блока *Fuzzy* на рисунке 1.

На рисунке 4 представлен график термов входной переменной ε (ошибка регулирования) блока *Fuzzy*. Центры термов входной переменной подобраны таким образом, чтобы обеспечить минимальную длительность колебаний в переходных процессах скорости перемещаемого груза.

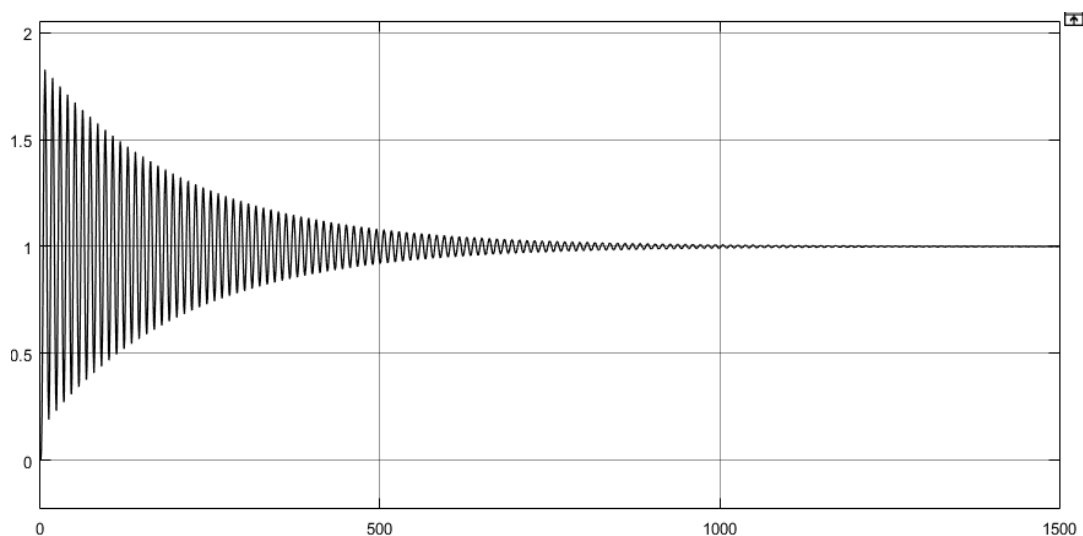


Рис. 3. Переходный процесс скорости груза с классическим ПИД регулятором при подборе K_p

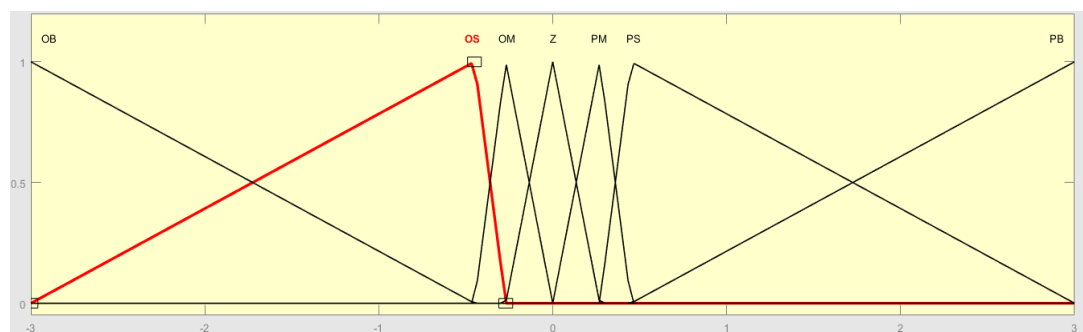


Рис. 4. Термы входной переменной «ошибка регулирования»

Термы выходной переменной (сигнал управления u) имеют вид синглтонов [6] в точках, указанных в таблице 1.

Таблица 1.

Закон нечеткого управления

	OB	OS	OM	Z	PM	PS	PB
ε	-3	-0,45	-0,27	0	0,27	0,45	3
u	-3	-2	-1	0	1	2	3

На рисунке 5 представлен результат работы ПИД-регулятора с «нечеткой» пропорциональной составляющей.

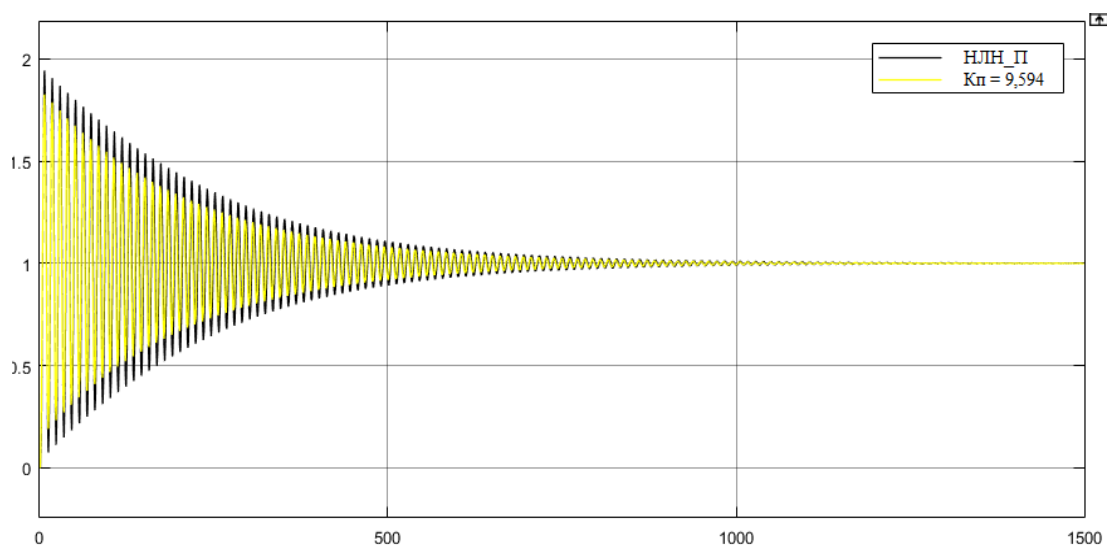


Рис. 5. Переходный процесс скорости груза с «нечеткой» пропорциональной составляющей ПИД-регулятора

Из графика переходного процесса видно, что с помощью введения «нечеткой» пропорциональной составляющей ПИД-регулятора возможно уменьшение длительности колебаний в переходном процессе скорости перемещаемого груза. В результате использования нечеткой логики возможно изменение пропорциональной составляющей ПИД-регулятора, обеспечивающее снижение колебаний перемещаемого груза и грубость замкнутой системы электропривода тележки, поскольку в установившемся режиме коэффициент k_p минимален.

Список литературы

1. Шведова О. А., Шмарловский А. С., Марков А. В., Тарасевич Т. В. Алгоритмы подавления колебаний грузов подъемно-транспортных механизмов с использованием нечеткой логики функционирования // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Беларусь: 2014.
2. Мещеряков В.Н., Колмыков В.В., Мигунов Д.В. Ограничение колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 268-272.
3. Онищенко Г. Б. Теория электропривода: Учебник. – М. ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
4. Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992. – 288 с.
5. Цыкунов А. М. Робастное управление с компенсацией возмущений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 300 с.
6. Бураков М. В. Нечеткие регуляторы: учеб. пособие / М. В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2010. – 236 с.

	OB	OS	OM	Z	PM	PS	PB
ε	-3	-0,45	-0,27	0	0,27	0,45	3
u	-3	-2	-1	0	1	2	3

На рисунке 5 представлен результат работы ПИД-регулятора с «нечеткой» пропорциональной составляющей.

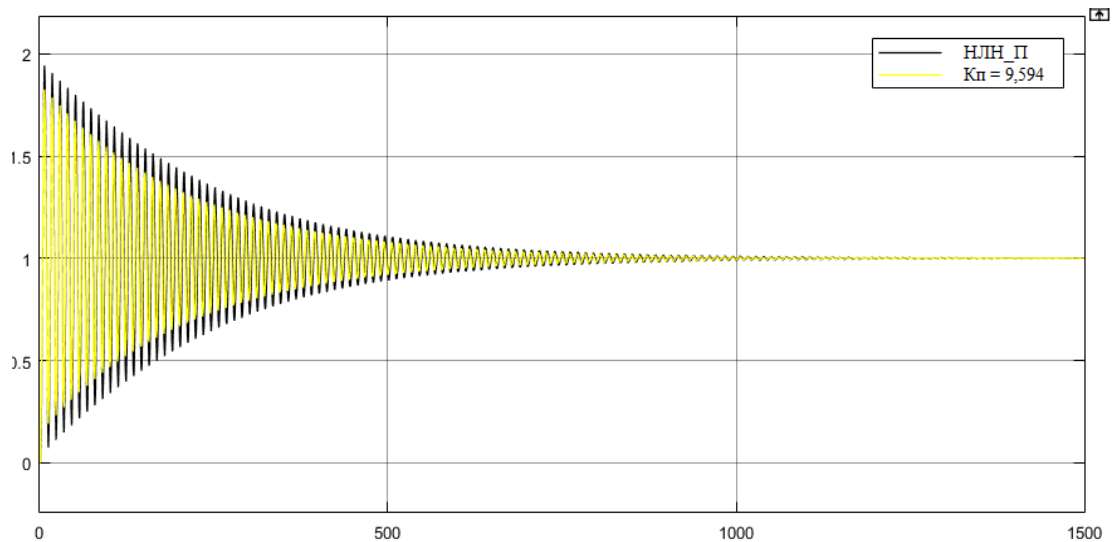


Рис. 5. Переходный процесс скорости груза с «нечеткой» пропорциональной составляющей ПИД-регулятора

Из графика переходного процесса видно, что с помощью введения «нечеткой» пропорциональной составляющей ПИД-регулятора возможно уменьшение длительности колебаний в переходном процессе скорости перемещаемого груза. В результате использования нечеткой логики возможно изменение пропорциональной составляющей ПИД-регулятора, обеспечивающее снижение колебаний перемещаемого груза и грубость замкнутой системы электропривода тележки, поскольку в установившемся режиме коэффициент $k_{П}$ минимален.

Список литературы

7. Шведова О. А., Шмарловский А. С., Марков А. В., Тарасевич Т. В. Алгоритмы подавления колебаний грузов подъемно-транспортных механизмов с использованием нечеткой логики функционирования // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Беларусь: 2014.
8. Мещеряков В.Н., Колмыков В.В., Мигунов Д.В. Ограничение колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 268-272.
9. Онищенко Г. Б. Теория электропривода: Учебник. – М. ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
10. Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992. – 288 с.
11. Цыкунов А. М. Робастное управление с компенсацией возмущений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 300 с.
12. Бураков М. В. Нечеткие регуляторы: учеб. пособие / М. В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2010. – 236 с.